

## Clarificação de polpa de camu-camu por microfiltração

### *Clarification of camu-camu pulp by microfiltration*

#### Autores | Authors

##### ✉ **Angela Gava BARRETO**

Centro Federal de Educação Tecnológica  
Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ)  
Departamento de Agroindústria  
Rua Voluntários da Pátria, 30, Belo Horizonte  
CEP: 27600-000  
Valença/RJ - Brasil  
e-mail: [angelagava@gmail.com](mailto:angelagava@gmail.com)

##### **Lourdes Maria Corrêa CABRAL** **Virgínia Martins da MATTA**

Embrapa Agroindústria de Alimentos  
Departamento de Tecnologia de Membranas  
Rio de Janeiro/RJ - Brasil  
e-mail: [lcabral@ctaa.embrapa.br](mailto:lcabral@ctaa.embrapa.br)  
[vmatta@ctaa.embrapa.br](mailto:vmatta@ctaa.embrapa.br)

##### **Suely Pereira FREITAS**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
(UFRJ)  
Escola de Química  
Departamento de Engenharia Química  
Rio de Janeiro/RJ - Brasil  
e-mail: [freitasp@eq.ufrj.br](mailto:freitasp@eq.ufrj.br)

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 06/08/2012  
Aprovado | Approved: 10/09/2013  
Publicado | Published: set./2013

#### ■ Resumo

O camu-camu é um fruto da região amazônica que despertou interesse da comunidade científica devido à sua elevada concentração de vitamina C. O processamento do camu-camu, para obtenção de suco, é uma alternativa para aumentar a sua conservação e incentivar o seu consumo. Processos de separação por membranas são conduzidos em condições brandas de temperatura e pressão, preservando compostos termossensíveis e, conseqüentemente, a qualidade do produto final. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do processo de microfiltração para obtenção de suco de camu-camu clarificado, avaliando-se o efeito da temperatura de processo sobre o teor de vitamina C e de compostos fenólicos totais, bem como sobre o valor da atividade antioxidante total do produto obtido. O processo conduzido a 45 °C apresentou a melhor retenção de vitamina C em relação às demais temperaturas estudadas. Neste caso, o fluxo de permeado médio foi de 75 Lh<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup>. Foi verificado que a clarificação de polpa de camu-camu requer um pré-tratamento da polpa integral para assegurar um maior fluxo de permeado e, conseqüentemente, aumentar o rendimento de processo. Concluiu-se também que o aumento do fator de concentração, para um mesmo intervalo de tempo, não apresentou um efeito significativo no teor dos compostos avaliados no suco clarificado.

**Palavras-chave:** *Fruto tropical; Vitamina C; Atividade antioxidante; Processo de separação por membranas.*

#### ■ Summary

The Amazonian fruit camu-camu called the attention of the scientific community due to its high content of vitamin C. The fruit juice consists in an alternative to increase its conservation and consumption. Membrane separation technologies are conducted in mild temperature and pressure operational conditions, preserving the thermosensitive compounds and quality of the final product. This study aimed to investigate the performance of microfiltration process for obtention of clarified camu-camu juice by evaluating the effect of the temperature on vitamin C retention, total phenolics content and total antioxidant activity of the product. The process conducted at 45 °C showed best retention of vitamin C compared to the other evaluated temperatures. In this case, the average permeate flux was 75 Lh<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup>. It was verified that clarification of camu-camu pulp requires a pretreatment of the pulp juice to ensure a high flux of permeate, and thus increase the process efficiency. It was also observed that, if volumetric concentration factor is increased while maintaining the same processing time, the content of the evaluated compounds is not significantly affected in the clarified juice.

**Key words:** *Tropical fruit; Vitamin C; Antioxidant activity; Membrane separation process.*

## Clarificação de polpa de camu-camu por microfiltração

BARRETO, A. G. et al.

### 1 Introdução

O camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) é um dos frutos promissores da Amazônia, pois é rico em vitamina C, em compostos fenólicos e, dentre estes, em uma classe importante de flavonoides (antocianinas, catequina, ácido elágico e rutina), que contribuem para a sua alta capacidade antioxidante. Tais compostos são considerados bioativos por apresentarem funções metabólicas e fisiológicas específicas. O consumo dessa fruta pode, potencialmente, contribuir para a prevenção de doenças, como as cardiovasculares e o câncer, além do efeito antígenotóxico (AKTER et al., 2011; BRASIL, 2002; SILVA et al., 2012).

O camu-camu não é normalmente consumido *in natura* ou na forma de polpa integral em razão da sua elevada acidez, o que foi confirmado por Souza Filho et al. (2002) que, ao avaliarem néctares com 3 % de camu-camu, constataram baixa aceitação pelos consumidores. Por outro lado, Maeda et al. (2006) avaliaram formulações de néctares de camu-camu com menor quantidade de polpa, obtendo assim uma boa aceitação do produto. E, ainda, Neves et al. (2011) formularam 15 *blends* a partir de frutos tropicais e nativos da Amazônia, nos quais a adição de camu-camu promoveu uma maior aceitação dos mesmos.

Entretanto, os processos industriais comumente usados para aumentar a vida útil dos sucos de frutas envolvem temperaturas elevadas que, em geral, ocasionam a perda nutricional e sensorial do produto final. Tal fato foi comprovado por Maeda e Andrade (2003) na produção de bebida alcoólica fermentada, cujo branqueamento da polpa de camu-camu no preparo do mosto ocasionou redução de 33 % no teor de ácido ascórbico, 1,7 % no teor de compostos fenólicos e, ainda, na aceitabilidade da bebida. O efeito negativo do tratamento térmico em relação à vitamina C e aos compostos fenólicos também foi confirmado por Moraes-de-Souza (2011), na pasteurização da polpa de camu-camu.

Em contrapartida, processos de separação por membranas estão sendo avaliados por provocar menos danos aos alimentos e garantir a manutenção da qualidade dos mesmos. Dentre os processos de separação por membranas, a microfiltração retém materiais em suspensão, emulsões e microrganismos, como leveduras, bolores, bactérias e vírus (HABERT et al., 2006). Por esse processo, é possível obter um permeado (suco clarificado) de acordo com as normas de segurança alimentar (BRASIL, 2001; MATTA et al., 2004a; OLIVEIRA et al., 2012). Cianci et al. (2005), Matta et al. (2004b) e Oliveira et al. (2012) recomendam a microfiltração como alternativa para preservar os componentes nutricionais de sucos de frutas, como o

caju, a acerola e o maracujá, além de garantir a vida útil dos mesmos.

Do mesmo modo, Silva et al. (2005) constataram que o suco de maracujá, clarificado por microfiltração e armazenado sob refrigeração, apresentou características microbiológicas dentro dos padrões estabelecidos pela legislação em vigor durante 29 dias.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do processo de microfiltração para obtenção de suco clarificado de camu-camu sob diferentes condições de temperatura e fatores de concentração volumétrica, bem como sua influência na estabilidade de vitamina C, no teor de compostos fenólicos e na atividade antioxidante do suco clarificado.

### 2 Material e métodos

#### 2.1 Matéria-prima

Os frutos de camu-camu foram provenientes do Estado do Pará, sendo transportados congelados para o Rio de Janeiro-RJ, onde foram processados.

#### 2.2 Obtenção da polpa

A polpa de camu-camu foi extraída usando um despulpador Bonina DF, homogeneizada em um tanque de aço inoxidável sem agitação automática, acondicionada em bombonas com capacidade para cinco litros e armazenada a  $-18^{\circ}\text{C}$  em congelador até a realização dos ensaios experimentais, conforme esquema apresentado na Figura 1. A obtenção da polpa foi realizada em dois processamentos distintos, devido ao fornecimento da matéria-prima ter ocorrido em diferentes momentos.

##### 2.2.1 Pré-tratamento por centrifugação

O pré-tratamento teve como finalidade diminuir a concentração dos sólidos em suspensão na polpa. Para isso, foi utilizada uma centrífuga de cesto contínua

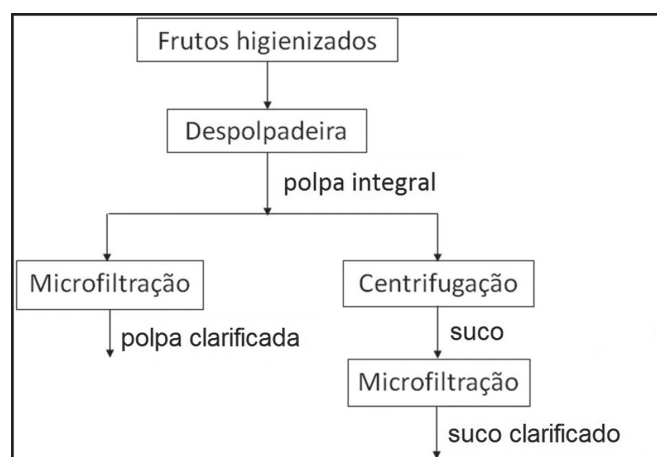


Figura 1. Processamento da polpa de camu-camu.

## Clarificação de polpa de camu-camu por microfiltração

BARRETO, A. G. *et al.*

(International Equipment Company, modelo K7165). A polpa de camu-camu centrifugada em processo contínuo a 406 g (4000 rpm) foi armazenada a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  e descongelada no momento da microfiltração.

### 2.2.2 Microfiltração

A microfiltração da polpa ou do suco de camu-camu foi conduzida em escoamento tangencial, usando um sistema piloto da marca TIA (Bologne, França), encamisado, contendo membranas tubulares cerâmicas de  $\alpha$ -alumina, com tamanho de poro de  $0,1\ \mu\text{m}$  e área total de permeação de  $0,022\ \text{m}^2$ , conforme esquema apresentado na Figura 2.

Nos ensaios de permeabilidade da polpa ou do suco, após a seleção do gradiente de pressão a ser aplicado, os experimentos foram conduzidos a 2,5 bar, em regime permanente, por uma hora. Após esse período, o permeado foi recolhido até que o seu volume inicial (2500 mL) atingisse metade do volume da alimentação (fator de concentração volumétrica igual a 2,0), visto que o fator de concentração volumétrica (FCV) é definido pela relação entre o volume de alimentação e o volume de retido (MULDER, 1996). O fluxo de permeado foi medido em intervalos de 15 minutos nas temperaturas de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Uma bomba de nitrogênio foi acoplada ao tanque de alimentação a fim de diminuir as possíveis perdas de vitamina C ocasionadas pelo oxigênio. As amostras, para avaliação do teor de vitamina C, atividade antioxidante, acidez, pH e sólidos solúveis, foram retiradas em diferentes correntes do processo: polpa integral antes de atingir a temperatura de processamento (I); alimentação ( $A_0$ ); alimentação após uma hora de recirculação no sistema ( $A_1$ ); permeado final (P) e retido final (R).

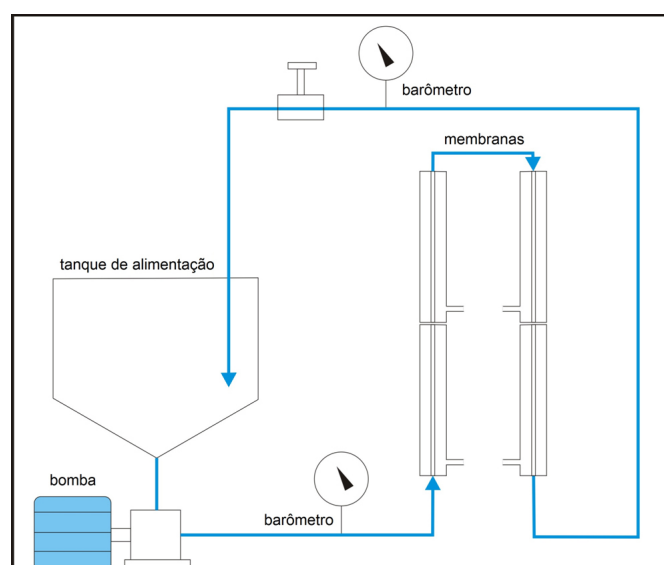


Figura 2. Diagrama do processo de microfiltração.

Como última etapa, o sistema de membranas foi operado em regime transiente nas condições selecionadas: temperatura de  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , gradiente de pressão aplicada à membrana de 2,5 bar e alimentação do sistema com a polpa centrifugada. Os experimentos foram realizados em regime de batelada alimentada. O volume total de polpa adicionado e o FCV variaram entre 6950 mL e 10030 mL, e 2,9 e 5,9, respectivamente. As amostras usadas na avaliação de vitamina C, atividade antioxidante e fenólicos totais foram retiradas das correntes de alimentação, permeado e retido, ao final do processo.

## 2.3 Metodologia analítica

### 2.3.1 Vitamina C

Foi utilizada a metodologia desenvolvida pela AOAC (CUNNIFF, 1997) e modificada por Benassi e Antunes (1998), baseada na titulação com solução de DCFI (2,6-dicloro-fenol-indofenol 0,01 %). Os resultados foram expressos em teor de ácido ascórbico em mg/100 g da amostra.

### 2.3.2 Fenólicos totais

A quantificação de fenólicos totais foi baseada no método de Singleton e Rossi (1965), que consiste na reação de um extrato em acetona do produto com o Reagente de Folin-Ciocalteu. Utilizou-se cartucho OASIS HLB, a fim de eliminar a interferência dos compostos redutores, como a vitamina C e os açúcares redutores, conforme Georgé *et al.* (2005). O teor de compostos fenólicos totais foi expresso em equivalente de ácido gálico.

### 2.3.3 Atividade antioxidante

Para determinação da atividade antioxidante, foi seguida a metodologia desenvolvida por Re *et al.* (1999). Utilizou-se a curva padrão realizada com Trolox (ácido 6-hidroxi-2-5-7-8-tetrametilcromo-2-carboxílico), um antioxidante padrão, e o resultado foi expresso em TEAC (atividade antioxidante equivalente Trolox).

### 2.3.4 pH

Determinado em pHmetro Metrohm, pH 4,0 e 7,0, por leitura direta a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (IAL, 1985).

### 2.3.5 Acidez

A acidez total titulável foi determinada em titulador automático Metrohm (CUNNIFF, 2000), utilizando-se hidróxido de sódio 0,1 N, sendo expressa em porcentagem de ácido cítrico (m/m).

## Clarificação de polpa de camu-camu por microfiltração

BARRETO, A. G. *et al.*

### 2.3.6 Sólidos solúveis

As amostras de polpa de camu-camu, do suco e do retido da microfiltração foram filtradas em algodão para leitura em refratômetro Bellingham + Stanley Limited, com escala em graus Brix (IAL, 1985). As amostras de suco e polpa de camu-camu clarificado foram lidas diretamente no refratômetro.

### 2.3.7 Reologia

O comportamento reológico das amostras foi determinado utilizando-se um reômetro de placas paralelas de diâmetro 40 mm (ARES-G2 Rheometer, TA Instruments). A viscosidade aparente foi determinada a 25 °C, no módulo estacionário, em função da taxa de deformação ( $10 \text{ s}^{-1}$  a  $1000 \text{ s}^{-1}$  e  $1000 \text{ s}^{-1}$  a  $10 \text{ s}^{-1}$ ) a partir dos resultados da curva ascendente, pois não foi observado histerese.

## 2.4 Planejamento e análise dos dados

Os experimentos foram conduzidos seguindo um planejamento fatorial completo, cujas variáveis independentes foram temperatura e FCV, e as variáveis de resposta, vitamina C, atividade antioxidante e compostos fenólicos.

Os resultados foram analisados por ANOVA, teste de normalidade (qui-quadrado) e Teste de Tukey, utilizando o intervalo de confiança de 95 % (STATISTICA v.8.0).

Todas as análises foram realizadas, no mínimo, em triplicata.

## 3 Resultados e discussão

### 3.1 Desempenho do processo

#### 3.1.1 Permeabilidade de polpa de camu-camu integral

A permeabilidade da membrana à polpa de camu-camu em diferentes temperaturas é apresentada na Figura 3.

Conforme esperado, nas três temperaturas avaliadas, o fluxo de permeado diminuiu quando o gradiente de pressão foi superior a 2,5 bar, o que pode ser atribuído à potencialização do fenômeno de incrustação a pressões elevadas (HABERT *et al.*, 2006). Entretanto, em razão da elevada perda de carga do escoamento, não foi possível operar o sistema em pressões inferiores a 2,5 bar para a polpa utilizada neste estudo. Como já reportado para microfiltração de outras frutas, nem sempre é possível trabalhar em pressões baixas (VAILLANT *et al.*, 2008).

Em função desses resultados, a pressão selecionada para os testes de microfiltração foi a menor pressão de

operação do sistema (2,5 bar). Nessa pressão, os valores médios do fluxo de permeado foram  $34 \text{ Lh}^{-1}\text{m}^{-2}$ ,  $62 \text{ Lh}^{-1}\text{m}^{-2}$  e  $58 \text{ Lh}^{-1}\text{m}^{-2}$ , a 25 °C, 35 °C e 45 °C, respectivamente.

#### 3.1.2 Comportamento reológico da polpa integral e do suco

A diferença de viscosidade entre a polpa integral e a polpa centrifugada é mostrada na Figura 4.

Pode-se observar que a viscosidade da polpa integral apresentou uma forte dependência da taxa de deformação, decrescendo com a mesma, o que indica um comportamento pseudoplástico. Já a polpa centrifugada apresentou, para taxas de deformação acima de  $10 \text{ s}^{-1}$ , uma viscosidade constante ( $0,052 \pm 0,0012 \text{ Pa.s}$ ), indicando um comportamento newtoniano. Pode ser observado, ainda na Figura 4, que a viscosidade aparente da polpa integral, para baixas taxas de deformação, é superior à da polpa centrifugada, em função do efeito dos sólidos em suspensão. Isso explica o fluxo mais elevado quando o processo de microfiltração foi conduzido com suco. O mesmo comportamento foi reportado por Oliveira *et al.* (2010), em suco de maracujá, integral e centrifugado.

#### 3.1.3 Fluxo permeado da polpa integral e do suco

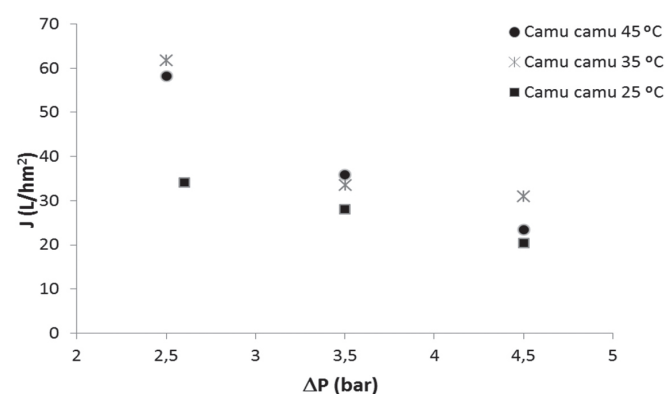


Figura 3. Permeabilidade da polpa de camu-camu integral em diferentes temperaturas.

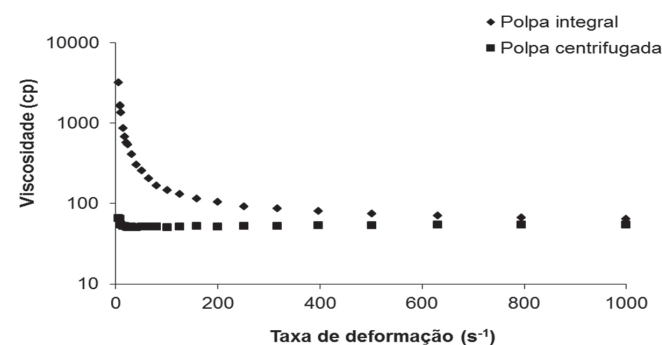


Figura 4. Comportamento reológico da polpa de camu-camu integral e centrifugada.

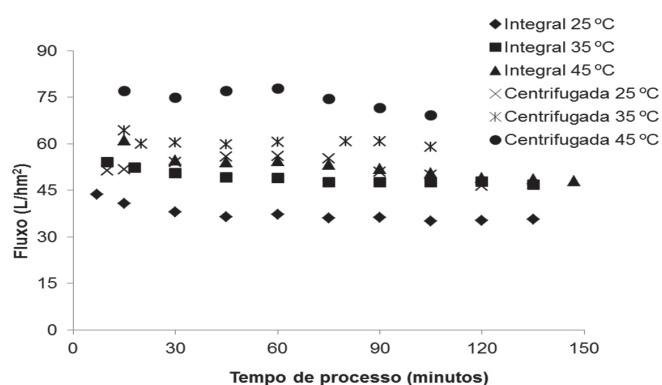
## Clarificação de polpa de camu-camu por microfiltração

BARRETO, A. G. et al.

A evolução do fluxo de permeado ao longo do tempo em função da temperatura de processo é apresentada na Figura 5, tanto para a microfiltração da polpa integral quanto do suco.

Conforme esperado, o fluxo de permeado aumentou com a elevação da temperatura do processo, o que se deve ao efeito da temperatura na redução da viscosidade da polpa (FOX e McDONALD, 2001). Embora o processo tenha sido conduzido em regime permanente, ou seja, com recirculação do permeado e do retido, foi observada uma pequena redução no fluxo de permeado, provavelmente em virtude da polarização inicial da concentração e da incrustação, além da compactação da membrana ao longo do processamento. Após uma hora em regime permanente, a corrente de permeado passou a ser coletada continuamente e não foram observadas modificações significativas no fluxo.

Conforme esperado, os valores de fluxo de permeado obtidos a partir da polpa integral foram inferiores (35 %) aos do suco. Nesse caso, a velocidade mais alta ( $2,07 \text{ cm.s}^{-1}$ ) foi observada no processo conduzido a  $45^\circ\text{C}$ . Tal fato ocorreu devido ao menor valor da viscosidade das correntes, como pode ser confirmado pelos dados apresentados na Figura 5 e na Tabela 1. O Número de Reynolds do escoamento foi igual a 56 para o fluxo mais elevado e 24 para o menor valor deste, resultados que caracterizam o escoamento laminar em todas as condições do processo.



**Figura 5.** Comportamento do fluxo de permeado da polpa de camu-camu integral e centrifugada.

**Tabela 1.** Tempo de processo necessário para atingir fator de concentração volumétrico igual a dois.

Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )	Tempo de processo (minutos)	
	Polpa integral	Polpa centrifugada
25	100	70
35	75	51
45	72	48

## 3.2 Características da polpa nas diferentes etapas do processo

A centrifugação da polpa de camu-camu integral resultou em duas correntes: suco e torta. O rendimento foi de 83 % em polpa. As características da polpa de camu-camu são apresentadas na Tabela 2.

O teor de vitamina C da polpa de camu-camu integral variou de 1.236 a 1.504 mg de ácido ascórbico/100 g. Estes dados estão de acordo com os valores reportados por Rodrigues e Marx (2006) e Chirinos et al. (2010) para suco de camu-camu, na faixa de 1.000 mg/100 g a 3.000 mg/100 g, e 1.910 mg/100 g, respectivamente. Quando comparado com outras frutas conhecidas pelo alto valor de vitamina C em sua composição, o camu-camu possui cerca de duas vezes mais ácido ascórbico do que a acerola e 60 vezes mais do que a laranja (RODRIGUES e MARX, 2006). Além disso, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitamina C para adultos acima de 19 anos é de 45 mg/dia (BRASIL, 2005); desse modo, o consumo de 100 g de camu-camu representa uma ingestão 33 vezes superior ao valor recomendado pela ANVISA.

A atividade antioxidante da polpa de camu-camu integral está de acordo com os dados reportados por Jáuregui et al. (2007), de  $110,52 \mu\text{mol Trolox/g}$ . Quando comparado com a acerola, fruta rica em compostos antioxidantes, o camu-camu apresentou atividade cerca de duas vezes superior (KUSKOSKI et al., 2005). Por outro lado, o teor de compostos fenólicos totais verificado pelos mesmos autores e por Genovese et al. (2008), de 2.394 e  $1.797 \text{ mg de ácido gálico equivalente/100g}$ , respectivamente, foi superior ao do presente trabalho, o que pode ser atribuído tanto às variações próprias das matérias-primas quanto a diferenças na metodologia analítica.

Os efeitos da temperatura sobre o teor de vitamina C e a atividade antioxidante das frações de polpa e suco de camu-camu são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 3, 4 e 5. É possível observar nessas tabelas que tanto o processo de centrifugação quanto o armazenamento em congelador não modificaram

**Tabela 2.** Características da polpa de camu-camu integral.

Parâmetro <sup>1</sup>	Polpa integral
pH	$2,89 \pm 0,00$
Sólidos solúveis ( $^\circ\text{Brix}$ )	$5,45 \pm 0,00$
Acidez em ácido cítrico (g/100 g)	$1,91 \pm 0,00$
Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 g)	$1236,12 \pm 6,30$
Fenólicos totais (mg de ácido gálico/100 g)	$1260,73 \pm 99,34$
Atividade antioxidante ( $\mu\text{mol de Trolox/g}$ )	$122,79 \pm 4,62$

<sup>1</sup>Valores médios  $\pm$  desvio padrão.

### Clarificação de polpa de camu-camu por microfiltração

BARRETO, A. G. *et al.*

**Tabela 3.** Valores de vitamina C e atividade antioxidante em diferentes etapas da microfiltração realizada com polpa de camu-camu integral e centrifugada a 25 °C.

Polpa	Amostra	Vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g)*	Atividade antioxidante (µmol Trolox/g)*
Integral	I	1.292,19 <sup>a</sup> ± 4,49	134,76 <sup>a</sup> ± 14,50
	A <sub>0</sub>	1.276,36 <sup>a</sup> ± 14,81	134,28 <sup>a</sup> ± 23,17
	A <sub>1</sub>	1.282,61 <sup>a</sup> ± 7,69	133,37 <sup>a</sup> ± 10,28
	P	1.205,54 <sup>b</sup> ± 9,12	115,84 <sup>a</sup> ± 4,32
	R	1.257,93 <sup>ab</sup> ± 31,31	131,07 <sup>a</sup> ± 18,27
Centrifugada	I	1.236,12 <sup>a</sup> ± 6,30	122,79 <sup>a</sup> ± 4,62
	SD	1.233,12 <sup>a</sup> ± 7,48	114,40 <sup>a</sup> ± 3,55
	A <sub>0</sub>	1.228,72 <sup>a</sup> ± 4,90	112,21 <sup>a</sup> ± 6,10
	A <sub>1</sub>	1.229,32 <sup>a</sup> ± 1,17	112,14 <sup>a</sup> ± 7,50
	P	1.208,71 <sup>a</sup> ± 11,97	110,01 <sup>a</sup> ± 2,99
	R	1.222,06 <sup>a</sup> ± 10,38	111,88 <sup>a</sup> ± 4,43

\*Média ± desvio padrão; Letras iguais, na coluna, indicam que não há diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras; I: polpa integral antes do aquecimento; A<sub>0</sub>: Alimentação; A<sub>1</sub>: Alimentação após uma hora de recirculação no sistema; SD: Suco após Descongelamento; P: Permeado; R: Retido.

**Tabela 4.** Valores de vitamina C e atividade antioxidante em diferentes etapas da microfiltração realizada com polpa de camu-camu integral e centrifugada a 35 °C.

Polpa/suco	Amostra	Vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g)*	Atividade antioxidante (µmol Trolox/g)*
Integral	I	1.504,44 <sup>bc</sup> ± 2,85	163,59 <sup>a</sup> ± 4,43
	A <sub>0</sub>	1.524,49 <sup>b</sup> ± 14,11	143,58 <sup>ab</sup> ± 7,35
	A <sub>1</sub>	1.579,64 <sup>a</sup> ± 14,13	140,91 <sup>b</sup> ± 3,92
	P	1.452,44 <sup>c</sup> ± 14,36	138,73 <sup>b</sup> ± 8,15
	R	1.505,82 <sup>bc</sup> ± 17,64	137,82 <sup>b</sup> ± 6,57
Centrifugada	I	1.454,44 <sup>a</sup> ± 49,23	122,79 <sup>a</sup> ± 4,62
	SD	1.430,26 <sup>ab</sup> ± 3,49	109,73 <sup>ab</sup> ± 5,86
	A <sub>0</sub>	1.400,31 <sup>ac</sup> ± 6,07	111,86 <sup>a</sup> ± 7,41
	A <sub>1</sub>	1.391,64 <sup>bc</sup> ± 4,61	111,43 <sup>a</sup> ± 5,16
	P	1.394,58 <sup>bc</sup> ± 22,00	87,54 <sup>b</sup> ± 14,12
	R	1.363,47 <sup>c</sup> ± 3,59	104,00 <sup>ab</sup> ± 13,10

\*Média ± desvio padrão; Letras iguais, na coluna, indicam que não há diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras; I: Polpa integral antes do aquecimento; A<sub>0</sub>: Alimentação; A<sub>1</sub>: Alimentação após uma hora de recirculação no sistema; SD: Suco após Descongelamento; P: Permeado; R: Retido.

**Tabela 5.** Valores de vitamina C e atividade antioxidante em diferentes etapas da microfiltração realizada com polpa de camu-camu integral e centrifugada a 45 °C.

Polpa/suco	Amostra	Vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g)*	Atividade antioxidante (µmol Trolox/g)*
Integral	I	1.446,19 <sup>b</sup> ± 13,64	133,71 <sup>a</sup> ± 7,14
	A <sub>0</sub>	1.446,12 <sup>b</sup> ± 10,52	133,99 <sup>a</sup> ± 4,83
	A <sub>1</sub>	1.433,26 <sup>b</sup> ± 13,01	135,68 <sup>a</sup> ± 2,42
	P	1.396,32 <sup>c</sup> ± 16,01	125,11 <sup>a</sup> ± 3,19
	R	1.483,58 <sup>a</sup> ± 1,65	140,63 <sup>a</sup> ± 8,15
Centrifugada	I	1.236,12 <sup>a</sup> ± 6,30	122,79 <sup>a</sup> ± 4,62
	SD	1.217,85 <sup>ab</sup> ± 21,68	109,21 <sup>a</sup> ± 2,19
	A <sub>0</sub>	1.205,72 <sup>ab</sup> ± 11,51	113,27 <sup>a</sup> ± 0,99
	A <sub>1</sub>	1.204,17 <sup>ab</sup> ± 14,50	110,95 <sup>a</sup> ± 3,08
	P	1.187,50 <sup>b</sup> ± 7,27	107,42 <sup>a</sup> ± 7,09
	R	1.193,46 <sup>b</sup> ± 10,08	108,81 <sup>a</sup> ± 5,94

\*Média ± desvio padrão; Letras iguais, na coluna, indicam que não há diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras; I: Polpa integral antes do aquecimento; A<sub>0</sub>: Alimentação; A<sub>1</sub>: Alimentação após uma hora de recirculação no sistema; SD: Suco após Descongelamento; P: Permeado; R: Retido.

## Clarificação de polpa de camu-camu por microfiltração

BARRETO, A. G. *et al.*

significativamente ( $p > 0,05$ ) o teor desses compostos na polpa.

Tendo em vista o teor de vitamina C no permeado em relação à polpa integral recirculada por uma hora, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nos processos conduzidos a 25 °C, 35 °C e 45 °C. Já no permeado obtido a partir do suco, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras processadas em diferentes temperaturas. Isto ocorreu provavelmente pelo menor tempo em que o suco foi submetido ao atrito e também à oxidação, já que a redução dos valores dos compostos bioativos ocorre provavelmente em razão da oxidação, como verificado por Oliveira *et al.* (2012) e Machado *et al.* (2012).

Comparando-se a atividade antioxidante do permeado e da alimentação a 25 °C e 45 °C, não foi registrada uma perda global significativa ( $p > 0,05$ ) dos compostos bioativos no processamento da polpa de camu-camu integral e do suco. Assim, constatou-se que o processo de microfiltração não afeta a qualidade funcional do produto. Entretanto, houve diferença significativa quando comparado o permeado e a alimentação de suco a 35 °C, enquanto que a microfiltração da polpa integral não apresentou perdas na atividade antioxidante. Tal fato sugere que a polpa integral tenha substâncias que promovem a proteção dos compostos bioativos, como, por exemplo, enzimas endógenas que apresentam (em geral) atividade mais elevada nesta temperatura, como reportado por Machado *et al.* (2012). Quando a polpa integral ou o suco foram recirculados por uma hora no sistema de membranas, os resultados obtidos para o teor de vitamina C e atividade antioxidante total, comparando-se  $A_1$  e  $A_0$ , não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ), indicando que os compostos bioativos foram preservados durante a microfiltração (Tabelas 3, 4 e 5).

Em função do comportamento do fluxo de permeado, do teor de vitamina C e da atividade antioxidante total, para continuidade dos trabalhos, o processo de microfiltração selecionado foi aquele realizado com o suco obtido da polpa centrifugada a 45 °C.

### 3.3 Avaliação do efeito do fator de concentração volumétrica sobre a qualidade do produto

Não houve variação no comportamento do fluxo permeado para os diferentes fatores de concentração volumétrica (FCV) durante as primeiras quatro horas de processo. A partir deste momento, nos processos com fatores de concentração volumétrica de 4,3 e 5,9, houve uma redução do fluxo de permeado em relação ao processo, que atingiu 2,9.

Os valores de pH, sólidos solúveis e acidez das amostras coletadas nestes processos seguiram o mesmo comportamento verificado anteriormente.

O teor de vitamina C, de fenólicos totais e a atividade antioxidante nas diferentes etapas da clarificação do suco de camu-camu para os diferentes FCV são apresentados na Tabela 6.

No processo com fator de concentração de 5,9, foi observado um aumento no teor de vitamina C nas amostras de permeado e retido. Isto pode ter ocorrido em razão da não uniformidade nos dois lotes da matéria-prima adquirida em momentos distintos e utilizada na alimentação do processo. Foi possível constatar que, na faixa avaliada, o aumento do fator de concentração volumétrica não resultou em perda de ácido ascórbico, do teor de fenólicos totais ou da atividade antioxidante, que permaneceram constantes ao longo do processamento.

**Tabela 6.** Valores de vitamina C, fenólicos totais e atividade antioxidante durante a microfiltração do suco de camu-camu em diferentes fatores de concentração volumétrica.

FCV <sup>1</sup>	Amostra	Vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g)*	Fenólicos totais (mg ácido gálico/100 g)*	Atividade antioxidante ( $\mu$ mol Trolox/g)*
2,9	Alimentação	1411,13 <sup>b</sup> $\pm$ 5,33	1148,23 <sup>a</sup> $\pm$ 38,67	130,08 <sup>a</sup> $\pm$ 6,23
	Permeado	1401,32 <sup>b</sup> $\pm$ 9,84	1110,55 <sup>a</sup> $\pm$ 23,64	127,89 <sup>a</sup> $\pm$ 6,63
	Retido	1476,40 <sup>a</sup> $\pm$ 1,75	1073,11 <sup>a</sup> $\pm$ 53,17	127,82 <sup>a</sup> $\pm$ 7,70
4,4	Alimentação	1315,51 <sup>a</sup> $\pm$ 2,92	880,65 <sup>b</sup> $\pm$ 53,36	117,31 <sup>ab</sup> $\pm$ 2,58
	Permeado	1308,48 <sup>a</sup> $\pm$ 3,54	749,60 <sup>c</sup> $\pm$ 47,67	117,89 <sup>a</sup> $\pm$ 1,57
	Retido	1321,96 <sup>a</sup> $\pm$ 19,23	996,81 <sup>a</sup> $\pm$ 22,37	112,04 <sup>b</sup> $\pm$ 2,38
5,9	Alimentação	1330,22 <sup>b</sup> $\pm$ 4,58	972,14 <sup>a</sup> $\pm$ 57,80	103,34 <sup>a</sup> $\pm$ 5,15
	Permeado	1377,14 <sup>a</sup> $\pm$ 4,60	937,88 <sup>a</sup> $\pm$ 59,97	111,06 <sup>a</sup> $\pm$ 15,27
	Retido	1385,66 <sup>a</sup> $\pm$ 5,01	1034,31 <sup>a</sup> $\pm$ 53,17	119,80 <sup>a</sup> $\pm$ 11,04

\*Média  $\pm$  desvio padrão; Letras iguais, na coluna, indicam que não há diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. <sup>1</sup>Fator de concentração volumétrica.

## Clarificação de polpa de camu-camu por microfiltração

BARRETO, A. G. *et al.*

### 4 Conclusões

Nas condições operacionais utilizadas no presente trabalho, pode-se concluir que:

- O maior valor de fluxo permeado da polpa de camu-camu no sistema de microfiltração foi alcançado na menor pressão aplicada (2,5 bar) e na maior temperatura (45 °C);
- A clarificação da polpa de camu-camu por microfiltração requer um pré-tratamento da polpa integral para assegurar um maior fluxo e, como consequência, diminuir o tempo de processamento;
- A centrifugação da polpa de camu-camu integral não teve influência em seus teores de vitamina C e na atividade antioxidante, indicando que este processo não afetou significativamente os compostos bioativos da amostra;
- A microfiltração do suco realizada a 25 °C resultou na maior retenção de vitamina C no permeado, cerca de 97,8 % em relação ao valor da polpa antes da centrifugação, se comparada aos dados obtidos a 35 °C e 45 °C;
- O aumento do fator de concentração não influenciou o teor da vitamina C e dos compostos fenólicos totais, e, conseqüentemente, a atividade antioxidante, durante a clarificação da polpa;
- O sistema de batelada alimentada apresenta vantagem por manter o teor de vitamina C nas amostras de permeado e retido.

### Agradecimentos

À CAPES, pela Bolsa de Mestrado concedida; à Embrapa Agroindústria de Alimentos, pelo auxílio estrutural, e ao Projeto PAVUC INCO-DEV 015279, pelo financiamento da pesquisa.

### Referências

- AKTER, M. S.; OH, S.; EUN, J.-B.; AHMED, M. Nutritional compositions and health promoting phytochemicals of camu-camu (*myrciaria dubia*) fruit: A review. **Food Research International**, Oxford, v. 44, p. 1728-1732, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.045>
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-503, 1998.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001.

Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1, p. 45-53.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução nº 2, de 7 de janeiro de 2002. Regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedade funcional ou de saúde. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 jan. 2002. Seção 1, p. 191-192.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1, p. 372.

CHIRINOS, R.; GLARZA J.; BETALLELUZ-PALLARDEL, I.; PEDRESCHI, R.; CAMPOS D. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. **Food Chemistry**, London, v. 120, p. 1019-1024, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.041>

CIANCI, F. C.; SILVA, L. F. M.; CABRAL, L. M. C.; MATTA, V. M. Clarificação e concentração de suco de caju por processos com membranas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 579-583, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000300030>

CUNNIFF, P. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed., 3rd rev. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 1997. 1 v.

CUNNIFF, P. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17th ed., Arlington, Virginia: AOAC, 2000. 1 v.

FOX, R. W.; McDONALD, A. T. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ed LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2001. 504 p.

GENOVESE, M. I.; PINTO, M. S.; GONÇALVES, A. E. S. S.; LAJOLO, F. M. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Exotic Fruits and Commercial Frozen Pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, London, v. 14, n. 3, p. 207-214, 2008. <http://dx.doi.org/10.1177/1082013208092151>

GEORGÉ, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMIOT, M. J. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, p. 1370-1373, 2005. PMID:15740008. <http://dx.doi.org/10.1021/jf048396b>

HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. **Processo de Separação com Membranas**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.



## Clarificação de polpa de camu-camu por microfiltração

BARRETO, A. G. *et al.*

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos.** São Paulo, 1, 533p. 1985.

JÁUREGUI, A. M. M.; RAMOS-ESCUADERO, D. F.; URETA, C. A.; CASTAÑEDA, B. C. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos em recursos vegetales promisorios. **Revista de la Sociedad Química del Perú**, Lima, v. 73, n. 3, p. 142-149, 2007.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>

MACHADO, R. M. D.; HANEDA, R. N.; TREVISAN, B. P.; FONTES, S. R. Effect of enzymatic treatment on the cross-flow microfiltration of açai pulp: Analysis of the fouling and recovery of phytochemicals. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 113, p. 442-452, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.06.022>

MAEDA, R. N.; ANDRADE, J. S. Aproveitamento do camu-camu (*Myrciaria dúbia*) para produção de bebida alcoólica fermentada. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 33, n. 3, p. 489-498, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672003000300014>

MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L. K. O.; CHAAR, J. M. Determinação da formulação e caracterização do néctar de camu-camu (*Myrciaria dúbia* McVaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 70-74, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612006000100012>

MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C.; SILVA, L. F. M. Suco de acerola microfiltrado: avaliação da vida-de-prateleira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 293-297, 2004a. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612004000200023>

MATTA, V. M.; MORETTI, R. H.; CABRAL, L. M. C. Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration acerola juice. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 61, p. 477-482, 2004b. [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00154-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00154-7)

MORAES-DE-SOUZA, R. A. **Qualidade de Polpa de Camu-camu [*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) McVaugh], Submetida aos Processos de Congelamento, Pasteurização, Alta Pressão Hidrostática e Liofilização e Armazenada por Quatro Meses.** 2011. 111 f. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente)-Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MULDER, M. **Basic Principles of Membrane Technology.** 2nd ed. Dordrecht: Springer, 1996. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-1766-8>

NEVES, L. C.; BENEDETTE, R. M.; TOSIN, J. M.; CHAGAS, E. A.; SILVA, V. X.; PRILL, M. A. S.; ROBERTO, S. R. Produção

de blends a partir de frutos tropicais e nativos da Amazônia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 187-197, 2011.

OLIVEIRA, R. C.; BARROS, S. T. D.; GIMENES, M. L.; ALVIM, F. A. F.; WINTER, C. Comparação entre centrifugação e microfiltração na clarificação do suco tropical de maracujá. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 271-278, 2010.

OLIVEIRA, R. C.; DOCÊ, R. C.; BARROS, S. T. D. Clarification of passion fruit juice by microfiltration: Analyses of operating parameters, study of membrane fouling and juice quality. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 111, p. 432-439, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.021>

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying na improved abts radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology Medicine**, New York, v. 26, n. 9-10, 1231-1237, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)

RODRIGUES, R. B.; MARX, F. Camu camu [*Myrciaria dúbia* (H. B. K.) *Mc Vaugh*]: a promising fruit from the Amazon Basin. **Nutrition**, Campinas, v. 30, n. 9, p. 376-381, 2006.

SILVA, F. C.; ARRUDA, A.; LEDEL, A.; DAUTH, C.; ROMÃO, N. F.; VIANA, R. N.; FERRAZ, A. B. F.; PICADA, J. N.; PEREIRA, P. Antigenotoxic effect of acute, subacute and chronic treatments with Amazonian camu-camu (*Myrciaria dúbia*) juice on mice blood cells. **Food and Chemical Toxicology**, Amsterdam, v. 50, p. 2275-2281, 2012. PMID:22542553. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2012.04.021>

SILVA, T. T.; MODESTA, R. C. D.; PENHA, E. M.; MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C. Suco de maracujá orgânico processado por microfiltração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 419-422, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000400015>

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, p. 144-168, 1965.

SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, J. R.; NASSU, R. T.; BORGES, M. F. Nota prévia: Avaliação físico-química e sensorial de néctares de frutas nativas da região norte e nordeste do Brasil: estudo exploratório. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 5, p. 139-143, 2002.

VAILLANT, F.; PÉREZ, A. M.; ACOSTA, O.; DORNIER, M. Turbidity of pulpy fruit juice: A key factor for predicting cross-flow microfiltration performance. **Journal of Membrane Science**, Amsterdam, v. 325, p. 404-412, 2008.